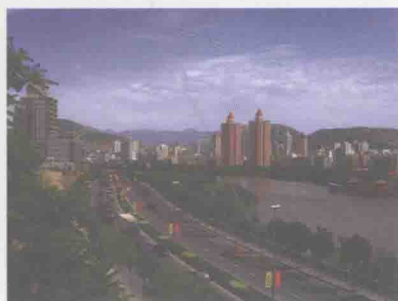




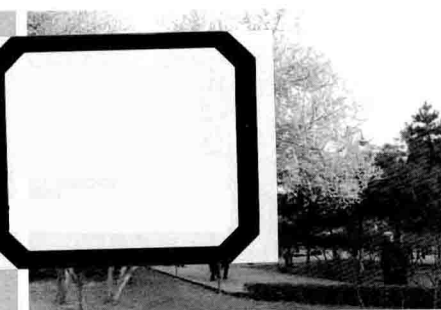
LANZHOUNANBEILIANGSHANHUANJINGLUHUAGONGCHENGSHENGTAICHENGXIAOPINGGU

兰州南北两山环境绿化工程 生态成效评估

马金山 段争虎 编著



甘肃科学技术出版社



LANZHOUNANBEILIANGSHANHUANJINGLIJUHUAAGONGCHENGSHENGTAICHENGXIAOPINGGU

兰州南北两山环境绿化工程 生态成效评估

马金山 段争虎 编著



甘肃科学技术出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

兰州南北两山环境绿化工程生态成效评估 / 马金山,
段争虎编著. -- 兰州:甘肃科学技术出版社, 2010.9
ISBN 978-7-5424-1420-5

I. ①兰… II. ①马…②段… III. ①城市 - 绿化 -
评估 - 兰州市 IV. ①S732.421

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 188315 号

责任编辑 毕 伟 (0931-8773274)

装帧设计 毕 伟

出版发行 甘肃科学技术出版社(兰州市南滨河东路 520 号 0931-8773237)

印 刷 兰州中科印务有限公司

开 本 710mm×1020mm 1/16

印 张 7

字 数 115 千

插 页 8

版 次 2010 年 11 月第 1 版 2010 年 11 月第 1 次印刷

印 数 1~4500

书 号 ISBN 978-7-5424-1420-5

定 价 20.00 元



城市环抱在森林里

Chenshihuanbaozaisenlinli

Liangshanfengguang

两山风光



昔日北山



昔日白塔山



今日北山



今日白塔山

目 录 CONTENTS

摘要.....1

1.生态成效评估概述.....3

1.1 直接经济价值 / 3

1.1.1 木材的经济价值 / 4

1.1.2 薪炭材的价值 / 4

1.1.3 林副产品的价值 / 4

1.2 间接经济价值 / 5

1.2.1 涵养水源价值 / 5

1.2.2 维持大气平衡的价值 / 6

1.2.3 固土保肥的价值 / 9

1.2.4 生态旅游的价值 / 11

1.2.5 生物多样性保护的价值 / 12

1.3 综述 / 12

2.生态成效评估研究报告.....14

2.1 研究区基本概况 / 14

2.2 生态成效评估的必要性分析 / 17

2.3 技术路线 / 18

2.3.1 遥感信息源选取 / 18

2.3.2 技术流程 / 18

2.3.3 遥感信息源的处理方法 / 19

2.3.4 计算机软件、硬件环境 / 20

兰州南北两山环境绿化工程 生态成效评估

摘要 兰州南北两山生态环境建设经过半个多世纪的不懈努力,已经初步形成了具有一定规模的森林生态体系。为了全面评价南北两山环境绿化工程的建设成效和两山绿地的生态效益及生态系统的服务价值,受兰州市南北两山环境绿化工程指挥部的委托,中国科学院寒区旱区环境与工程研究所承担了《兰州南北两山环境绿化工程生态成效评估》项目的研究工作。该项目以兰州南北两山环境绿化工程区域为研究对象,以遥感影像、气象数据等为基础数据,通过遥感制图及地面调查相结合的手段取得不同阶段工程区的景观格局、地上生物量、植被组成、植被盖度、植被高度、土地覆盖等信息;结合兰州南北两山现状,提出适合该区域的生态系统服务价值评估体系;同时,运用遥感制图及地面调查所获取的不同阶段工程区数据,对兰州南北两山环境绿化工程实施过程中的1999年、2005年和2009年三期的绿地动态变化、土地利用/覆盖动态、生态成效及生态系统服务价值进行了系统评估。

兰州南北两山环境绿化工程区在工程实施过程中的绿地面积动态变化为:1999年绿地总面积为424.98平方千米,其中,人工林地为95.19平方千米,草地为329.79平方千米;2005年绿地总面积为564.46平方千米,其中,人工林地为390.78平方千米,草地为173.68平方千米,比1999年增加了139.48平方千米;2009年绿地总面积为592.53平方千米,其中,人工林地为403.46平方千米,草地为189.07平方千米,比1999年增加了167.55平方千米,比2005年增加了28.07平方千米。这组数据充分说明:在工程实施过程中,人工林营造力度很大,效果比较显著;绿地面积的持续增加,在很大程度上提高了有限土地的生态效益,从而改善了兰州市区小气候及其周边的生态环境。

经此次研究评估,兰州南北两山环境绿化工程的生态系统服务总价值:1999年为4.608亿元/年,2005年为19.158亿元/年,2009年达到25.399亿元/年。其中,有形产品价值(木材及其产品、薪柴)分别为1.072亿元/年(1999年)、4.430亿元/年(2005年)和3.596亿元/年(2009年);生态效益价值分别为3.536亿元/年(1999年),14.728亿元/年(2005年)和21.803亿元/年(2009年)。在生态效益价值中,南北两山绿地涵养水源年价值量2.28亿元,年涵养水源3997.46万立方米;固碳释氧年价值量5.41亿元,年固碳量75.22万吨,年释氧量73.51万吨;净化大气环境年价值量1.42亿元,年吸收大气污染物量2.35吨,年滞尘量75.20万吨;固土保肥年价值量1.77亿元,年固土量277.65万吨,年减少土地废弃面积370公顷,年减少对黄河河床淤积的泥沙量61.12万吨,年保肥量6.21万吨,折合氮肥0.54万吨,磷肥0.25万吨,钾肥5.42万吨。由此看出兰州南北两山生态系统服务价值呈持续增加趋势,且生态效益的增长趋势更为明显,说明生态效益在今后的南北两山环境绿化过程中将起到越来越重要的作用。

应当指出的是由于受科学技术水平、计算方法和研究手段的限制,目前尚无法对生态系统服务功能价值进行十分完整的评估,其价值体现仍然是不全面的。因此,本项目对兰州南北两山环境绿化工程区生态系统服务功能的评估也必然是部分的、阶段性的。但这一数值依然清楚地说明了兰州南北两山环境绿化工程区生态系统在维系和促进兰州社会经济持续发展中的巨大作用。

1. 生态成效评估概述

生态系统服务功能是指生态系统与生态过程所形成及所维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用，它不仅为人类提供了食品、医药及其他生产生活原料，还创造与维持了地球生命支持系统，形成了人类生存所必需的环境条件。生态系统服务功能的内涵可以包括有机质的合成与生产、生物多样性的产生与维持、土壤肥力的更新与维持、营养物质的贮存与循环、环境净化与有害有毒物质的降解、植物花粉的传播与种子的扩散、有害生物的控制和减轻自然灾害等许多方面。

生态效益的经济价值包括直接经济价值和间接经济价值两部分。直接经济价值主要是指木材、薪炭材、林副产品的价值；间接经济价值主要是指生态系统服务功能产生的价值，包括涵养水源、保持水土、环境净化服务功能、生物多样性的保护等。

兰州南北两山生态环境建设经过半个多世纪的不懈努力，尤其是从1999年至2009年，11年间两山绿地规模增加了16755公顷，使南北两山绿地总规模达到了59253公顷，其中，人工林地40346公顷，草地18907公顷。南北两山绿地作为城市生态系统的重要组成部分，在涵养水源、固土保肥、净化空气、固碳释氧、提供游憩、旅游和生物多样性保护等方面起到了至关重要的作用，对改善居民生活环境、促进城市社会经济全面发展意义重大。

1.1 直接经济价值

直接经济价值是由环境资源对目前的生产或消费直接贡献决定的，也就是指环境资源直接满足人们的生产和消费需要的价值。如木材、薪炭

材、野生药物、林副产品及由此发展的养殖业等。

直接经济价值一般采用价值凝结评估法进行计算,价值凝结评估是另一形式的消耗计量评价方法,源于产业理论。这种方法认为,在森林的培育、管理和开发利用过程中,必须消耗大量的生产要素,包括劳力的投入、资金的投入、管理和技术等多方面的投入,用于维护和优化林分,这些生产要素的价值凝结形成了森林的价值基础。因此,可以通过计算森林生产过程中所消耗的生产要素来评估森林的价值,从另一个侧面反映出森林生产过程中的内在消耗价值,即在树木自种子播种开始直到长成大树整个过程中,每年所投入的人力、物力和财力的累积金额。

1.1.1 木材的经济价值

根据兰州南北两山各类森林的年平均净生长量、采伐木材的出材率、木材销售价格等进行计算,森林木材的经济价值在1999年为54万元/年,2005年增加到了922万元/年,2009年增加到了985万元/年。在11年间,森林木材的经济价值增加了931万元/年,说明了工程实施过程中,大面积植树造林的效果是十分显著的。

1.1.2 薪炭材的价值

在计算森林木材价值时,还有40%未考虑部分,主要是树木每年生长的枝丫等,一般可以作为当地居民的薪炭材。这对于减少化石燃料的使用有很大的帮助。通过计算得出南北两山森林薪炭材的价值:1999年为12万元/年,2005年为210万元/年,2009年为225万元/年。在11年间,薪炭材的价值增加了213万元/年;而1999年到2005年,7年间增加量占总增加量的93%,进一步说明工程实施过程中植树造林的显著效果。

1.1.3 林副产品的价值

林副产品是指除木材以外的其他产品,又叫非木材产品,包括森林副产品和林木副(特)产品。随着经济的不断发展,人们生活水平的不断提高,林副产品越来越受到人们尤其是城市居民的喜爱,同时林副产品的销售也成为许多农村社区的主要经济来源。据《1998年中国林业统计指标》,林副产品价值为各产品产量乘以产品单价之和。参考《甘肃年鉴》及《兰州市年鉴》,根据南北两山范围内的各个林副产品的产量及价格计算出南北两山林副产品的价值:1999年为1.065亿元/年,2005年为4.316亿元/年,

2009 年为 3.475 亿元 / 年；林副产品价值的增加，主要是由于 2003~2005 年，南北两山建设千亩经济林示范基地，共建成经济林园 78 公顷，示范推广桃、梨、杏、枣等 21 个果树品种，从而增加了产量与林副产品收入。

直接经济价值即为木材价值、薪炭材价值和林副产品价值之和。1999 年总直接经济价值为 1.072 亿元 / 年，到 2005 年直接经济价值增加到了 4.429 亿元 / 年，2009 年直接经济价值则为 3.596 亿元 / 年。可以看出林副产品价值要远大于木材价值和薪炭材价值，且直接经济价值整体为增加趋势。但是这部分价值是潜在的，因为南北两山绿地需持续发挥生态效益，致使这部分价值无法进行市场兑现，它相当于工厂的固定资产，它是间接价值存在的基础和物质条件。

1.2 间接经济价值

1.2.1 涵养水源价值

据报道，世界上茂密的森林每公顷土壤能蓄水 640~680 立方米，与裸地相比，每公顷土壤至少可以多储水 300 立方米。3300 公顷森林蓄水能力相当于 100 万立方米贮量的水库，而建造这样一个水库需要投资千余万元，因此森林被喻为“绿色水库”。

森林涵养水源效益表现在防洪效益、增加有效水量和净化水质三个方面。在林木茂盛的地区，地表径流只占总雨量的 10% 以下；平时一次降雨，树冠可截留 15%~40% 的降雨量；枯枝落叶持水量可达自身干重 2~4 倍。科学家们观测发现森林覆盖率达到 30% 的林地，水土流失比无林地减少 60%。还有人对坡度 15° 左右的山地做过观测，发现每年流失的土沙量，裸地是林地的 48 倍。依其具有较大的蓄水容量而削减洪峰量值，有林区与裸地的研究对比表明，有林地的洪峰出现时间较裸地出现的时间延迟，一般延迟一倍以上；同时，有林地的洪峰系数也仅为裸地的 23.8%，因此，可以认为森林对降低洪峰的效应是非常明显的。

森林还通过截留、拦蓄等途径来调节水量的季节分配和增加地下径流量，从而大大增加了有效水量。研究表明，通过森林系统的调节，地表径流的输出较降水的差异大大缩小。森林增加枯水期有效水量的效益集中体

现在提高灌溉和社会供水能力上。

据测定,从每平方千米的无林山区流下的水中,含溶解物质为 16.9 吨,而从有林区流下的水中仅含 6.4 吨左右;通过 50 米宽的 30 年生的杨桦林之后,1 升水中所含细菌可减少 90%,从松林流出的水中细菌含量仅有未经松林之前的 1/10 左右。森林生态系统具有良好的水质贮滤效应,有了森林的存在,使得流出该区域的水质好,绝大多数为优质清洁的 I 类饮用水。森林改善水质价值可从自来水的水价中得到计量评价,其价值计算方法为:森林面积与单位面积森林产水量的乘积,再乘以单位体积自森林流出的水和普通水通过技术手段达到生活用水标准的差价。因此森林涵养水源的能力是十分巨大的,其服务价值也相当可观。

根据靳芳等人提出的中国森林生态系统服务功能评价指标体系及目前国内外的研究方法和成果,本文采用土壤蓄水能力的方法来计算。目前,水库库容平均造价为 5.714 元/立方米,为使三期生态系统服务价值具有可比性,三期水库库容造价都采用目前水库库容造价 5.714 元/立方米,通过计算得出 1999 年、2005 年和 2009 年兰州南北两山环境绿化工程的水源涵养价值分别为 0.299 亿元/年、2.12 亿元/年和 2.28 亿元/年。目前,南北两山林地每年土壤蓄水能力达到 3997.46 万立方米,由此可以看出南北两山森林生态系统涵养水源的效益随着环境绿化工程的实施,其价值在持续不断的增加。

1.2.2 维持大气平衡的价值

维持大气平衡价值主要表现在绿色植物固定 CO_2 、释放 O_2 、污染物降解和滞尘效益等方面。

(1) 固定 CO_2 和释放 O_2 的价值

森林在维持大气平衡方面的效益主要体现在绿色植物固碳释氧的效益,即植物通过光合作用从大气中吸收 CO_2 并释放出 O_2 的过程。据估算,地球每年入射太阳光能 5.4×10^{24} 焦耳,绿色植物年固定太阳能大约为 5×10^{21} 焦耳;这些能量就是地球包括人类和各种动物在内的所有异养生物赖以生存的能量基础。此外,30 亿年前地球上 CO_2 含量约占 91%,几乎没有 O_2 ,是根本不适应人类生存的。只是到了距今约 3 亿年才达到现代的水平,这些都是绿色植物的作用。据测定,每公顷森林和公园绿地,夏季每天分别

释放 750 千克和 600 千克的 O_2 。全球绿色植物每年放出的 O_2 总量约为 1000 多亿吨。一个成年人每天呼吸 2 万多次, 吸入空气 15~20 立方米, 消耗 O_2 约 0.75 千克。依此推算, 城市居民每人需要 10 平方米的林地提供所需的氧气, 由长势良好的草坪提供, 则需要 25 平方米以上才行。权威数据显示, 城市的室内空气含负氧离子为 40~50 个 / 立方厘米, 街道林荫处为 100~200 个 / 立方厘米, 而森林中空气负氧离子含量高达 1 万个 / 立方厘米, 是城市室内负氧离子含量的 200 倍以上。南北两山的绿地就是城市之“肺”, 它可以吸收大量 CO_2 , 放出 O_2 ; 同时能阻挡飞扬的灰尘, 吸收各种有害的气体, 从而起到过滤、净化空气的作用。

全球大气中 CO_2 浓度长期以来有一个相对稳定的值, 低于和高于这个值对生物圈的稳定都是不利的。目前, 由于大量化石燃料的使用、大面积森林的破坏和退化、草地的退化、湿地的消失等等, 都使得 CO_2 浓度在稳步上升, 由此而产生了全球气候变暖、冰川融化, 加速了许多物种的灭绝。对此, 科学界目前还没有估计出 CO_2 浓度升高所损失的经济价值。森林的这个服务功能对地球上生物的形成、稳定和维持是一个了不起的贡献, 涉及自然和社会的各个方面, 这个价值在当前的科学水平下还难以作出估量, 但可以肯定地说, 森林的存在是地球生物圈存在的必要条件, 其主要原因就是在于维持 CO_2 和 O_2 的平衡。

通过各种森林类型年生长量换算, 求得各类型单位面积释放的 O_2 量, 然后以工业制氧出厂价格换算求得其价值。目前国际上综合治理和回收 1 吨工业排放的 CO_2 需要的费用差异较大, 考虑到兰州南北两山造林难、成本高的问题, 结合多年统计资料, 本文按瑞典碳税率的标准折合人民币为 328.789 元 / 吨; 国家统计局 (1992) 公布工业制氧价为 400 元 / 吨。

目前, 南北两山绿地每年可固定 CO_2 约为 75.22 万吨; 释放 O_2 约为 73.51 万吨。通过计算可以得出, 南北两山森林生态系统在 1999 年固定 CO_2 的价值为 1.232 亿元 / 年, 释放 O_2 的价值为 1.386 亿元 / 年; 2005 年固碳释氧的价值分别为 1.923 亿元 / 年和 2.404 亿元 / 年, 2009 年固碳释氧的价值分别为 2.473 亿元 / 年和 2.940 亿元 / 年。

(2) 污染物降解的价值

森林维持大气平衡作用除了固定 CO_2 放出 O_2 以外, 还在于通过吸收、

滞留而减少空气中的硫化物、氮化物、卤素等有害物质的含量,并杀死大量的细菌。在城市,一棵树一年可以贮存一辆汽车行驶 16 千米所排放的污染物。很多树木可以吸收有害气体,如 1 公顷柳杉林每天可以吸收 SO_2 60 千克,其他如臭椿、夹竹桃、银杏、梧桐等树木都具有吸收 SO_2 的功能。当城市绿地率达到 50% 以上时,大气中的污染物可得到有效控制。

对空气中的细菌含量测定数据显示,在干燥的空旷地每立方米空气中含有细菌 400 万个,林荫道上含菌 58 万个,大森林中只有 50~60 个,空旷地为森林的 60000~80000 倍。其次,据调查每公顷柳杉林每月约可吸收 60 千克的 SO_2 ,每公顷刺槐林和银桦林每年可吸收 42 千克 Cl_2 和 12 千克的氟化物。据报道,通常在污水暂存池放养小球藻 48 小时,被净化的污水可用于农田灌溉;把芦苇栽培在实验水池中,结果它们能使水中的磷酸盐、有机氮、氨和悬浮物分别减少 20%、60%、66% 和 30%;1 公顷凤眼莲一昼夜能从水中吸收锰 4 千克、钠 34 千克、钙 22 千克、汞 89 克、镍 297 克、镉 321 克、铅 104 克。

根据专家预算和净化污染物部门的调查,每公顷森林对污染物的降解,如用先进的工业方法进行削减到同等程度,所需要投资和处理成本至少为 600 元/吨。1999 年、2005 年和 2009 年兰州南北两山人工林地面积分别为 9518.81 公顷、39078.10 公顷和 40345.96 公顷。其中针叶林蓄积占活立木总蓄积量的 13.3%;阔叶林蓄积占 41.3%;针阔混交林蓄积占 45.4%。谈克平等研究表明,南北两山绿化区各观测点空气中的硫化物、氮化物、卤素日均浓度值(毫克/立方米)均低于市区各观测点,绿化区各观测点空气中的硫化物、氮化物、卤素日均浓度值均低于国家环境空气质量二级标准。兰州南北两山造林绿化区与市区的硫化物、氮化物、卤素观察平均值有显著差异,说明绿化区空气质量明显优于市区,造林绿化对改善空气环境质量具有显著作用。目前,南北两山人工林地每年可降解硫化物、氮化物、卤素等污染物约为 2.35 吨。据此,可得出 1999 年、2005 年和 2009 年兰州南北两山人工林地污染物降解的生态效益价值分别为 76 万元/年、840 万元/年和 1409 万元/年。

(3) 过滤空气滞留粉尘的价值

粉尘是大气污染的重要指标之一。兰州市为两山夹一河地貌,空气流

通差，风沙活动频繁；而森林对大气污染能起到很好的净化作用。形象地说，它好比是天然的吸尘器，若把 1 公顷森林的叶片全部展开，可铺满 75 公顷地面；叶片多绒毛，并分泌黏液和油脂，因此能拦截、过滤、吸附空气中的烟尘，每年 1 公顷松林可消除烟尘 36 吨，这是多么非凡的除尘本领！树木对烟灰、粉尘明显的阻挡、过滤和吸附作用对兰州市就显得尤为重要。目前，南北两山人工林地每年可过滤空气滞留粉尘约为 75.2 万吨。通过森林系统生态服务评价方法可以得出，兰州市南北两山人工林地的滞尘效益价值为：南北两山各种林分的年滞尘量乘以人工清理单位粉尘所需费用。据此计算得出，1999 年、2005 年和 2009 年兰州南北两山过滤空气滞留粉尘的效益价值分别为 0.2981 亿元/年、1.2310 亿元/年和 1.2784 亿元/年。

因此，兰州南北两山环境绿化工程维持大气平衡的生态效益价值为固定 CO_2 与释放 O_2 的效益、污染物降解的效益和过滤空气滞留粉尘的效益上述三者之和，即维持大气平衡的总效益，1999 年、2005 年和 2009 年分别为 2.9247 亿元/年、5.6431 亿元/年和 6.8330 亿元/年。

1.2.3 固土保肥的价值

土壤侵蚀按外营力可分为 6 类：水蚀、风蚀、冰川侵蚀、冻融侵蚀、重力侵蚀和混合侵蚀。兰州市主要是以风蚀、水蚀、重力侵蚀和混合侵蚀为主。由于森林的存在，特别是活地被物和凋落物层的存在，土壤的非毛管空隙大、渗透性强，降水很难形成地表径流，基本上能消除雨滴对表土溅蚀和地表径流的侵蚀作用，也就显著减少了大量表土的流失，而表土中所含氮、磷、钾等营养成分也就因此而得到固持作用。森林固土保肥的价值主要包括三个方面：一是减少土壤侵蚀（即减少雨水冲走土壤）；二是保护土壤肥力价值，三是减少泥沙对江河湖泊的淤积。森林保持肥力服务功能的价值可以表示为森林面积与单位森林减少水土流失量的乘积，再乘以各营养元素在土壤中的含量及各养分的价格。兰州南北两山人工林地减少土壤侵蚀量的估算方法为：减少土壤侵蚀量采用无地表覆盖物和土地经营管理的情形下可能产生的土壤侵蚀量，与当前实施了兰州市南北两山绿化工程后地表覆盖情形下的土壤侵蚀量之差进行评估。

(1) 减少土地废弃的价值

通过对森林无形产品的经济评价方法得知，兰州市南北两山森林生态

系统在减少土地废弃方面的价值为：森林每年减少的土壤侵蚀量折合的实际土地面积乘以单位面积土地种植树木所能产生的效益。

根据土壤侵蚀量、土壤容重和土壤耕层平均厚度来推算减少土地废弃的量，并采用机会成本来估算减少因土地废弃而失去的经济价值。据测定兰州南北两山的平均土壤容重为 1.25 克 / 立方厘米；土壤表土平均厚度为 0.6 米；目前，南北两山人工林地每年可减少土壤侵蚀量约为 277.65 万吨，减少土地废弃面积约为 370 公顷。据此，兰州南北两山森林生态系统减少土地废弃的生态效益价值在 1999 年为 3.99 万元 / 年；2005 年减少土壤废弃价值为 11.6 万元 / 年；2009 年减少土壤废弃价值为 11.97 万元 / 年。

(2) 保肥效益的价值

森林在防止水土流失的同时，也保存了土壤中的养分。因为土壤流失，土壤中的氮、磷、钾等养分也随之流失；从而使得原本肥沃的土壤变得贫瘠，不再适合植被的生长，进而发生植被退化和土地退化，促使生态环境恶性循环。

我们采用替代市场法，即以市场销售的有机质、氮肥、磷肥的成本价格反映森林保持土壤肥力的价值。减少土壤中有机质、氮、磷、钾流失的保肥效益价值为：森林生态系统年减少的土壤侵蚀量乘以单位土壤有机质、氮、磷、钾含量再乘以市场上氮肥、磷肥、钾肥的价格。通过调查得知，有机质的价格为 320 元 / 吨；土壤有机质含量为 0.43%；土壤中氮、磷、钾的含量分别为 0.0207%、0.0057% 和 0.0174%；氮、磷类化肥在当地的销售价格分别为 1600 元 / 吨、500 元 / 吨和 1200 元 / 吨。目前兰州市南北两山人工林地每年保肥量约为 62076 吨，其中氮肥 5443 吨，磷肥 2515 吨，钾肥 54118 吨。其保肥价值 1999 年、2005 年和 2009 年分别为 0.0273 亿元 / 年、1.677 亿元 / 年、1.73 亿元 / 年。

(3) 减少泥沙对黄河淤积的价值

在无森林的情况下，雨水带走的泥沙将会流入江河、湖泊、水库等，这部分泥沙直接造成了水库、江河、湖泊蓄水量的下降，在一定程度上增加了干旱、洪涝灾害的发生。根据我国主要流域的泥沙运动规律，全国一般土壤侵蚀的流沙有 24% 淤积于水库、江河、湖泊，另有 33% 滞流，37% 入海（中国生物多样性国情研究报告编写组，1997）。根据兰州地区的实

际情况,我们只对淤积于黄河的 24%泥沙采用影子工程法进行计算。兰州南北两山森林生态系统减淤的生态服务功能价值,可以用泥沙淤积导致黄河蓄水量减少而造成的损失来估算,即兰州市南北两山人工林地减少泥沙对黄河淤积的价值为替代水利工程单位蓄水量工程建设成本乘以减少的土壤侵蚀量。目前,南北两山人工林地每年可减少约 61.12 万吨泥沙对黄河河床的淤积。据测定,单位库容造价为 5.714 元/立方米,兰州南北两山的平均土壤容重为 1.25 克/立方厘米,因此其服务价值在 1999 年为 1.165 万元/年,2005 年为 338.27 万元/年,2009 年达 349.25 万元/年。

因此,兰州南北两山绿地固土保肥的价值为减少土壤废弃价值、保肥价值和减少泥沙对黄河淤积的价值三者之和,即南北两山绿地固土保肥价值 1999 年为 0.027 亿元/年,2005 年增加到 1.71 亿元/年,2009 年增加为 1.77 亿元/年。可以看出固土保肥价值在大面积工程化造林后增加迅速,且在工程实施完成后依然继续增加。这对减少南北两山水土流失,还黄河母亲一股清澈的河水意义重大。

1.2.4 生态旅游的价值

生态旅游的价值用森林旅游占整个自然保护区、风景名胜区等风景旅游的全年旅游收入的百分比进行计算。据甘肃省旅游局统计表明,兰州市 1999 年的生态旅游收入为 877 万元,兰州市内旅游地点多为白塔山、徐家山、五泉山、仁寿山等森林公园,尤其是在南北两山绿化工程实施后,原有的五泉山、白塔山、兰山、徐家山、五一山、仁寿山、石头坪、兰州碑林、工行九州山庄、邮电山庄等在环境绿化、休闲娱乐设施上都有了长足的发展;同时一些如元鼎山森林公园、兰州绿色文化博览园、华辰山庄、龙腾山庄等一批新的森林公园及休闲娱乐山庄也逐步建成并投入使用,这些森林公园及山庄已成为市民及外地游客旅游休闲健身的重要场所。据调查统计和尉元明等人的研究表明,兰州市各景点中森林对旅游业的贡献率占 50%。据《甘肃统计年鉴》,2005 年兰州市接待游客 288 万人次,旅游收入为 10 亿元;2009 年接待游客总人数 703.2 万人次,旅游收入为 21.3 亿元。据此计算,兰州南北两山的生态旅游效益在 1999 年为 0.0877 亿元,2005 年为 5.0 亿元,2009 年达 10.65 亿元。

由以上数据可以看出,兰州市南北两山旅游效益增加迅速,这主要是

由于建设初期绿地面积较小,工程实施之后绿地面积大幅度增加,同时随着社会的进步,人民生活水平及文化素质的不断提高,人民的文化需求也在不断改变,为了缓解自身压力,越来越多的人向往大自然,喜欢到生态良好的环境中去娱乐休闲、保健疗养。而森林作为最独特的资源,恰恰为人类提供了这样一个自由广阔的空间。可以说,在追求健康、崇尚自然的新世纪,良好的森林生态环境已成为人们外出度假休闲旅游的首选。

1.2.5 生物多样性保护的价值

生物多样性保护的价值为全国每人每年意愿捐赠支付生物多样性保护金额乘以受保护物种的生境森林和草地所占百分比再乘以当年人口总数。据《中国生物多样性国情研究报告》,全国每人每年意愿捐赠支付生物多样性保护金额为10元;保护物种的生境森林和草地的占比为68.3%。据《甘肃统计年鉴》,兰州市1999年人口总数为287.79万人,2005年为311.74万人,2009年为322.28万人。本研究报告对生物多样性保护价值是按照支付意愿法计算的,此价值确切地说应该是兰州市整体生态系统的生物多样性保护价值,1999年、2005年和2009年分别为0.19643亿元/年、0.24939亿元/年、0.26749亿元/年。

1.3 综述

经此次研究评估,兰州南北两山环境绿化工程的生态系统服务总价值:1999年为4.608059亿元/年,2005年为19.158014亿元/年,2009年达到25.398744亿元/年。其中有形产品价值(木材及其产品薪柴)分别为1.072142亿元/年(1999年)、4.429763亿元/年(2005年)和3.596313亿元/年(2009年);生态效益价值分别为3.535917亿元/年(1999年),14.728251亿元/年(2005年)和21.802431亿元/年(2009年);生态效益价值分别占总生态效益的76.73%、76.88%、85.84%。如果把有形产品的价值作为固定资产,则生态效益产品就是产出,两者之比分别为1:3和1:6,此产出投入比非常高。在这些价值中,水源涵养价值、固土保肥价值和游憩价值是显性的,即每年从兰州南北两山环境绿化工程中实实在在获得了这些效益;维持大气平衡效益分成两部分:其一是固碳释氧的作用,